

領域分割を用いた DP マッチングによる
ステレオ画像からの対応点検出

倉本 健介[†]
Kensuke Kuramoto

伊藤 彰則[‡]
Akinori Ito

鈴木 基之[‡]
Motoyuki Suzuki

牧野 正三[‡]
Shozo Makino

1. はじめに

ロボットの環境認識デバイスとして、視覚による方法が広く研究されている。特に、ステレオ視による認識手法は空間の立体的な情報を獲得できることから注目されている [1][2]。ステレオ視によって立体情報を獲得する方法としては、光源を限定する方法や背景などを予め定義する方法もあり、正確な形状認識を実現している [3]。ただし、ロボットビジョンとして用いる場合には光源などは特定できず、通常的环境下で立体情報を獲得することが求められる。本研究では、画像を領域ごとに区切ることににより、不連続点の検出、逆転への対応を可能とし、精度の向上を図ることができないか検討した。

2. アルゴリズム

基本的な対応点の検出アルゴリズムとしては、対応するエピポーラ線に対して DP マッチングを行っている。このとき、左側のピクセル列を連続区間ごとに分割し、その区間それぞれについて対応する右側の区間を求めるという操作を行っている。また、ピクセル列には幅を持たせている。これは、ピクセルの情報量を増やすことによって誤った対応付けを減らすことを目的としている。現在、ピクセル列の幅は 8 ピクセルを採用している。

2.1 ピクセル列に対する区間の分割

左画像に対して輪郭線抽出を行い、その輪郭線を用いてピクセル列を連続区間ごとに分割する。輪郭線の抽出方法としては、下図のようなオペレータを適用した後、ノイズの除去を行っている。ノイズの除去には単独で存在するピクセルを検出し、それを排除するという手順を用いている。

表:1 輪郭線抽出オペレータ

1	0	1
4	-12	4
1	0	1

2.2 DP マッチングを利用した対応区間の検出

切り出された領域をキーとし、右側画像の対応するピクセル列の全領域に対して DP マッチングを行い、対応する区間を検出する (図 1)。ここで、対応距離の小さいもの幾つかを区間ごとに候補として選出する。選択方法としては、区間の終端をスキャンして距離が極小となるものを選択した。また、対応区間を求めるためにここでは以下のような漸化式であらわされる傾斜制限を用いた。

[†] 東北大学大学院情報科学研究科
[‡] 東北大学大学院工学研究科

$$g(i, j) = \min \begin{cases} g(i-1, k-1) + d(i, j) \\ g(i-2, k-1) + d(i-1, j) + d(i, j) \\ g(i-1, k-2) + d(i, j-1) + d(i, j) \end{cases} \quad (1)$$

ここで $g(i, j)$ は (i, j) までの累積距離。 $d(i, j)$ は画素間の距離であり、ピクセル列の幅を n とすると以下の式で表される。

$$d(i, j) = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^n |R(i, y+k) - R(j, y+k)| + |G(i, y+k) - G(j, y+k)| + |B(i, y+k) - B(j, y+k)| \quad (2)$$

2.3 候補の決定

各々の区間の候補の中から、対応区間を決定する。 $D(i, j)$ は区間 i において候補 j を選択した場合の区間 i までの累積距離。 $g(i, j)$ は区間 i での候補 j の、その区間に対する距離である。

$$D(1, j) = g(1, j) \quad (3)$$

$$D(i, j) = \min_k \{D(i-1, k) + g(i, j) + f(i, j, k)\} \quad (4)$$

ここで $f(i, j)$ は候補に不連続が発生する際に生じるペナルティであり、区間 i の j 番目の候補の始端と終端をそれぞれ $R_b(i, j), R_e(i, j)$ として $f(i, j) = |R_b(i, j) - R_e(i-1, k)|$ という値を採用している。

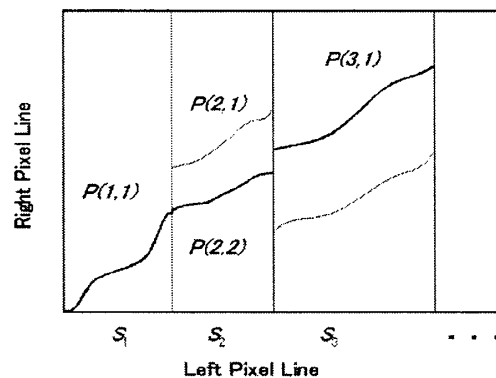


図 1: セグメント分割

2.4 重複の回避

DP による左右のピクセル列の対応付けについて、左のある区間と一度対応した右区間に対して、再び他の左区間が対応することはない。このことを利用し、一度対応済みの区間との対応にペナルティを与えることで誤対応を減少させることを試みた。これは、1 ピクセルあたりの

ペナルティコスト P を定め、既に対応済みの区間と重複した場合には重複したピクセル数に応じて距離計算にペナルティを加算するというものである。すなわち、重複区間を x ピクセルとすると、区間の累積距離は

$$D(i, j) = \min_k \{D(i-1, k) + g(i, j) + f(i, j, k) + P * x\} \quad (5)$$

となる。ここでは累積距離を最低にするために径 100 のビームサーチを行った。

3. 実験

区間を区切らず、対応するピクセル列同士に直接 DP マッチングを行った場合、また、区間を分割して対応区間とのマッチングを取った場合、更に、区間を分割しかつ重複の回避を行った場合について、実際に対応点を検出し、距離画像を作成した。実験に用いたステレオ画像を図 2 に示す。

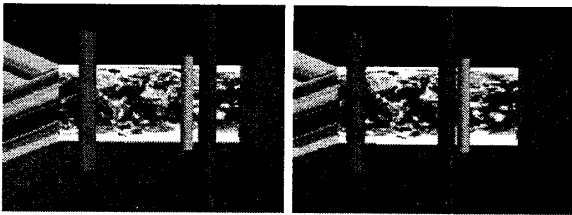


図 2: CG による実験画像 (左右)

表:2 実験条件

画像解像度	320 × 240
色数	RGB 各 8ビット
ピクセル列幅	8ドット

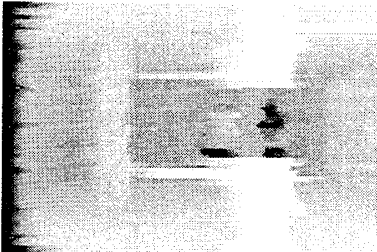


図 3: 区間を分割せずに DP マッチングを適用したもの

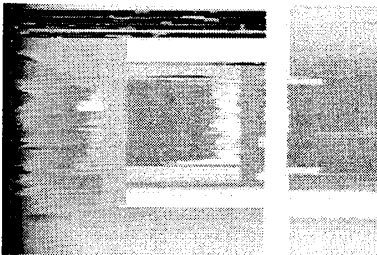


図 4: 区間を分割して DP マッチングを適用したもの

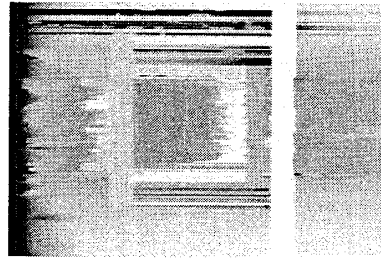


図 5: 区間を分割して DP マッチングを適用し、かつ重複を回避したもの

区間を分割せずに DP マッチングを行った場合 (図 3)、逆転が生じている領域で対応が取れないことが見て取れる。また、柱の輪郭がはっきりしていない。ピクセル列を区間に分割して対応させた場合 (図 4)、逆転への対処は可能であるが、特徴の少ない区間での誤対応が増加した。区間を分割し、かつ重複に対してペナルティを与えた場合 (図 5)、特徴量の少ない部分での誤対応は減少した。ただし、それでも対応付けに失敗する場合はあり、特にオクルージョンが発生した部分については処理方法を明確にする必要がある。

4. まとめ

提案したアルゴリズムにより、単純な DP マッチングに比べて比較的シャープなエッジが得られることが確認された。ただし、逆転問題に関しては完全に対応できたとは言いがたく、また、誤対応も少なくない。縦方向の連続条件なども考慮に加えるなど、何らかの対策が必要である。

参考文献

- [1] 大田 友一, 正井康之, 池田克夫, "動的計画法によるステレオ画像の区間対応法", 電子通信学会論文誌, vol. J68-D, no. 4, pp. 554-561, April, 1985 Vol. J74-D-II, No. 7, pp. 918-925, 1991 年 7 月
- [2] 勝井 実 松山 泰雄 "動的計画法を用いたステレオマッチングにおける順序逆転問題の一解法", 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J79-D-II, No. 5, pp. 775-784, 1996 年 5 月
- [3] 鈴木 英行 中村 納 "等濃線分布と新しい区間対応評価法に基づくステレオ対応検索アルゴリズム", 電子情報通信学会誌 D-II Vol. J80-D-II, No. 9, pp. 2379-2392, 1997 年 9 月
- [4] 森 健一 "パターン認識", 電子情報通信学会, 1988 年